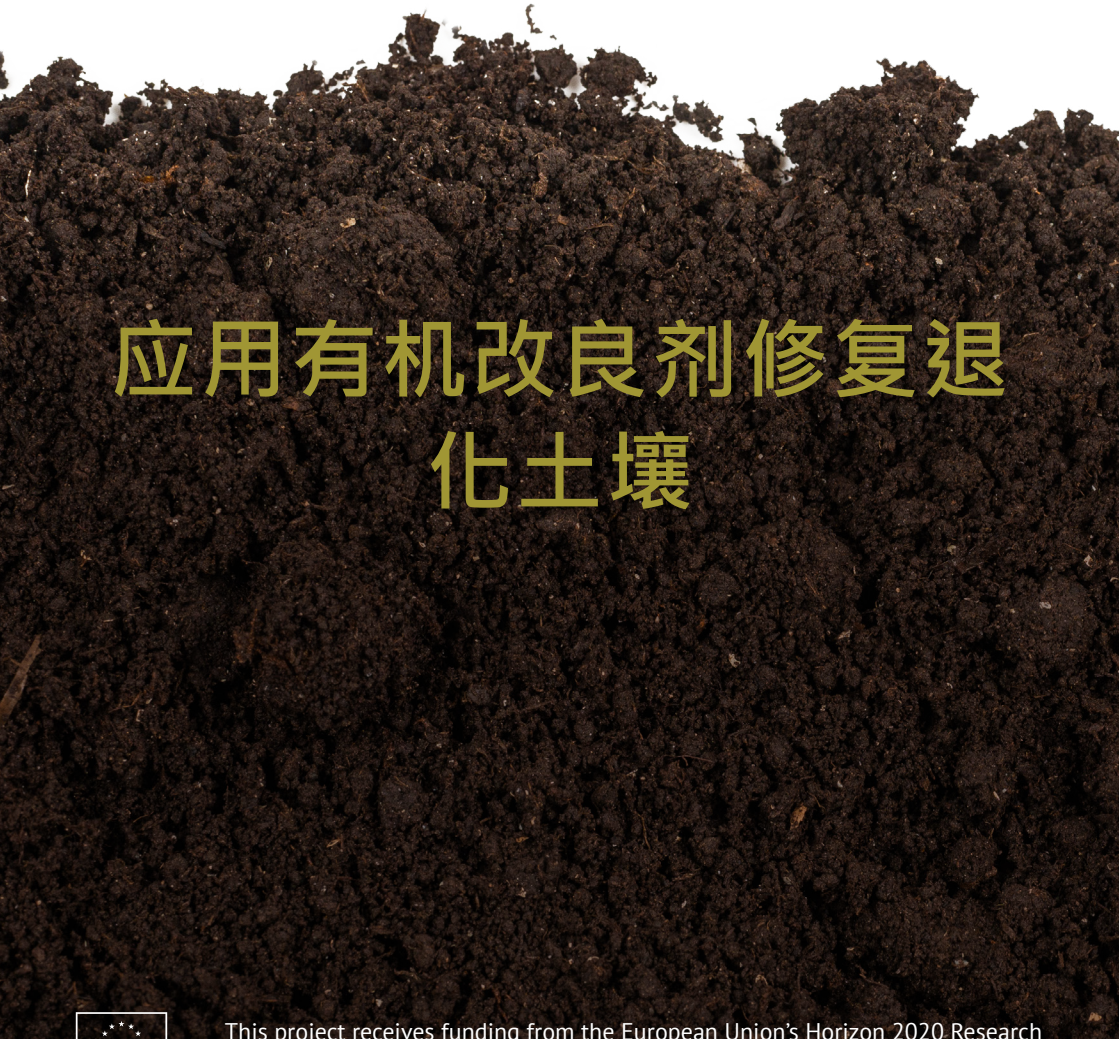
Transforming **U**nsustainable management of soils in key agricultural systems in EU and China

Developing an **i**ntegrated platform of alternatives to reverse soil degradation



应用有机改良剂修复退化土壤

This project receives funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation action under grant agreement No 101000224.

简述

土壤侵蚀、压实、养分耗竭和有机质损耗等引起的土壤退化，严重影响农业生产力和生态系统健康。为逆转土壤退化，堆肥、粪肥和生物炭等有机改良剂被越来越多地使用。这些有机改良剂改善土壤结构，增加养分含量，促进微生物活性，有利于提升土壤健康和韧性。将有机改良剂纳入土壤管理实践是修复退化土壤和维持长期农业生产力的一项可持续策略。

目标区域

有机改良剂可应用于不同的气候区、土壤类型和种植系统，特别是对于土壤有机质枯竭、压实和养分缺乏的地区效果可能更好。例如，在旱地农业中，有机改良剂主要是为提高保水性和增加有机质含量。而在湿润地区，则主要用于增强土壤团聚体和结构。有机改良剂适合各种作物生产系统，包括蔬菜、果园、粮食和豆类作物。在这些作物生产系统中，保持土壤健康对长期生产力至关重要。

问题甄别

土壤退化经常导致低的土壤有机碳，引起肥土壤力降低和结构恶化。有机改良剂通过增加有机质和加强微生物活动来恢复有机碳。TUdi项目的决策支持工具app (dev-tudi.web.app) 可指导农民评价其土壤有机碳水平，从而进行有效的土壤恢复。

图1：添加不同有机改良剂的田间试验小区，以评估对土壤结构和肥力的影响

恢复策略的详细描述

有机改良剂是一种通过增强土壤的生物、物理和化学性质来修复退化土壤的有效策略。加入堆肥、动物粪便、生物炭和绿肥等可以显著改善土壤有机质、结构、微生物活动和养分供应。这些改良剂不仅可解决土壤退化问题，同时还支持可持续农业实践，减少对化学合成品的依赖。通过将有机改良剂纳入土壤管理，农民可以促进长期的土壤健康、韧性和生产力。

- **堆肥是 –** 种常见的有机改良剂，可增加土壤有机质、改善土壤结构并提高保水性。堆肥由分解的有机废物制成，可提供关键养分（氮、磷、钾），促进对养分循环至关重要的有益微生物的活动。典型的施用量为每公顷 10 到 50 吨，具体取决于土壤和作物的需求。

- **动物粪便**可提供必需的养分，并提高土壤的有机碳含量。常见类型包括牛粪、家禽粪和猪粪，每种粪肥都有其独特的营养成分。施用前适当堆肥可降低病原体风险，提高养分利用率。一般施肥量为每公顷 20 到 40 吨不等，根据土壤测试结果进行调整。

- 由有机物热解制成的**生物炭**，能增强土壤结构、保水性和阳离子交换能力。生物炭与堆肥或粪肥结合使用，还能促进微生物活动，对旱地尤其有益。根据土壤质地，建议施用量为每公顷 5 到 20 吨。

图2 有机改良剂田间应用准备：堆肥（上）和生物炭（下）

- 种植豆科植物（三叶草、紫花苜蓿）和非豆科植物（黑麦、燕麦）等**绿肥和覆盖作物**，可提高土壤有机质含量，减少水土流失。在花期翻耕可获得最佳的养分含量，它们就像活的覆盖物，保护土壤并用有机物肥沃土壤。

施用技术因改良剂类型和土壤条件而异。堆肥和粪肥通常采用播撒的方式，利用耕作将其混入表土中。生物炭可混入种植行或均匀撒在田间。绿肥作物就地种植，并通过犁耕或盘耕将其翻入土壤中。要想获得最佳效益，必须根据具体的土壤退化问题、作物类型和气候条件来调整施用量和时间。

监测和维护对于评估有机改良剂的长期影响至关重要。施用前后的土壤检测有助于确定有机质含量、养分水平和微生

物活动的变化。定期监测可以调整施用量，并有助于防止养分失衡。将有机改良剂纳入整体土壤管理计划，可确保持续改善土壤健康和提高生产力。

通过战略性地使用有机改良剂，退化的土壤可以转变为富饶而有弹性的系统。

堆肥、粪肥、生物炭和覆盖作物的组合不仅能恢复土壤肥力，还能减少对化学投入的依赖，提高土壤生物多样性，从而促进可持续农业实践。

技术的利弊、实施障碍

使用有机改良剂的主要好处是：i) 改善土壤肥力和养分供应，减少对合成肥料的依赖；ii) 增强土壤结构，减少压实，提高持水能力；iii) 刺激土壤微生物活动和生物多样性，促进更健康的土壤生态系统；iv) 通过持续的有机质投入，为土壤健康和作物生产力带来长期益处。

不过，也存在一些缺点，例如：i) 施用和掺入的初始成本和劳动力需求较高；ii) 养分含量和质量因改良剂来源不同而存在差异；iii) 如果管理不当，可能存在养分淋溶或失衡的风险；iv) 某些地区供应有限，运输困难。

图3 在退化土壤上人工播撒堆肥，以提高土壤有机质含量和改良结构。

影响/结果/案例研究

长期使用有机改良剂对恢复退化土壤、提高土壤健康和作物产量大有裨益。如果定期施用并管理得当，这些改良剂对土壤结构、肥力和微生物活动有很大的帮助。

一项长达 21 年的研究表明，与未施用有机改良剂的对照组相比，连续施用有机改良剂可使水稻产量提高 33.4-52.5%，小麦产量提高 20-42.8%（https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109311）。其增产效果归功于土壤有机质含量的提高和养分供应的增加，这对于保持退化土地的土壤肥力尤为重要。

此外，六年连续施用堆肥使土壤团聚体稳定性得以保持，碳储存量也有所增加 (https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116117)。这些改善与土壤微生物生物量碳和溶解性有机碳含量的增加有关，而这正是恢复土壤健康的关键指标。

这些发现凸显了在退化土壤中添加有机改良剂的长期益处，强调了它们在改善土壤结构、增加有机碳和提高作物产量方面的作用，而这些都是可持续农业的基础。

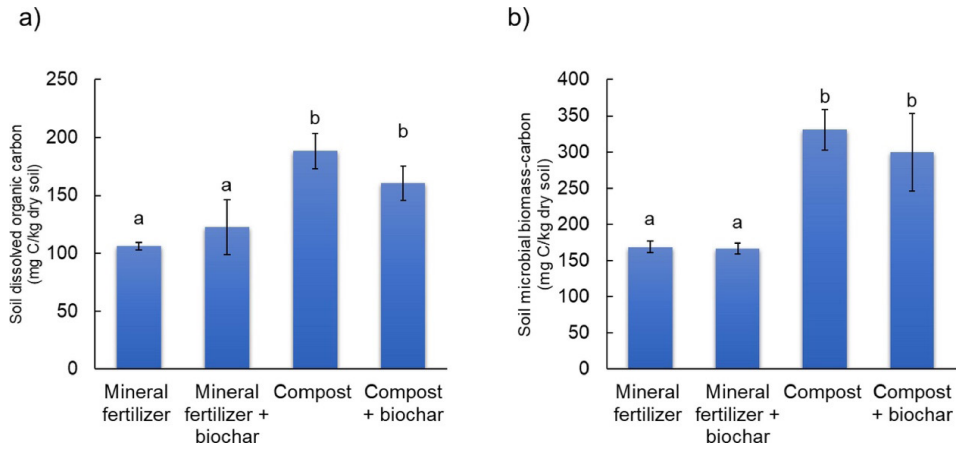


图4 不同管理措施（堆肥和矿质肥料，添加或不添加生物炭）应用6年后的土壤溶解性有机碳（a）和土壤微生物生物量碳（b）

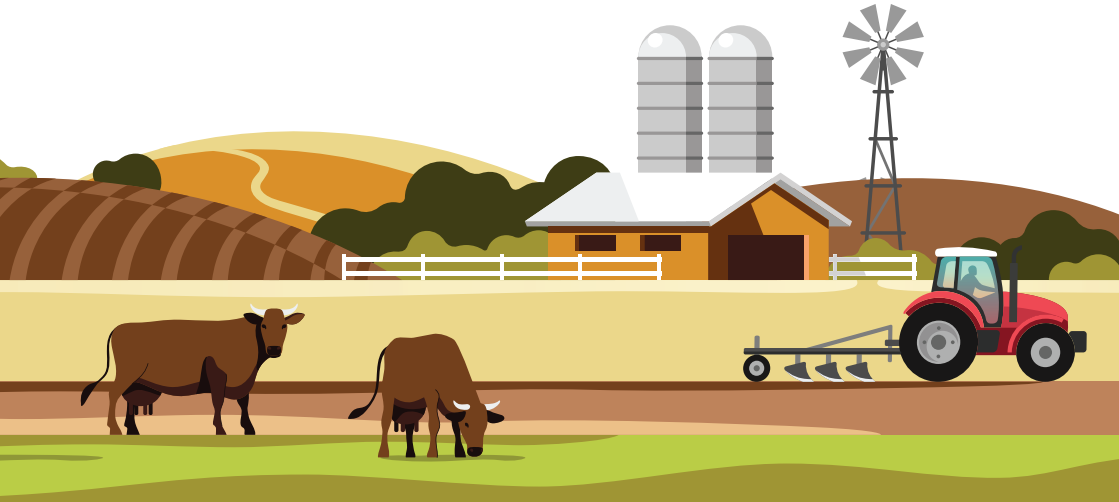
总结文本

有机改良剂是恢复退化土壤的重要策略。通过添加堆肥、粪肥和生物炭等材料，农民可以促进可持续农业和环境健康。这些改良剂提供了一种成本效益高且环保的化肥替代品，有助于实现农业的长期可持续性和韧性。

更多文献

Guidance on soil carbon amendment practices: https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/soil-carbon-amendment-ac-336-conservation-practice-standard

土壤碳改良措施指导，详见 https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/soil-carbon-amendment-ac-336-conservation-practice-standard



总结表

	评级	评价
土壤健康总体	***	提高有机质含量，增加微生物多样性
水分预算	**	增加持水性和入渗
土壤结构	***	降低压实，增加孔隙度
侵蚀性	**	通过团聚体稳定性增加降低对侵蚀的敏感性
养分平衡	**	增加养分有效性
土壤生物	***	刺激有益微生物活动
可行性	**	需要适当的管理，并取决于当地是否有有机改良剂。
经济	**	初期成本可能高，但长期效益可抵消该支出。

Consortium

Agrisat; Beijing Forestry University; Beijing Normal University; Centre for Agricultural Research; China Agricultural University; Czech Technical University in Prague; Lincoln University; New Bulgarian University; Northwest A&F University; Northwest UNIVERSITY; Pensoft Publishers; Spanish National Research Council; University of Lancaster; BOKU University, Vienna; University of Turin; Federal Agency for Water Management, Austria

Project coordinator

José A. Gómez
Institute of Sustainable Agriculture of the Spanish Council for Scientific Research
joseagomez@ias.csic.es

Duration

July 2021 – June 2025

Follow TUdi

@Project_TUdi

TUdi Project

TUdi Horizon 2020

tudi-project.org